

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-251690
 (43)Date of publication of application : 17.09.1999

(51)Int.Cl. H01S 3/18
 H01S 3/1055

(21)Application number : 10-373098 (71)Applicant : HEWLETT PACKARD CO <HP>
 (22)Date of filing : 28.12.1998 (72)Inventor : SORIN WAYNE V
 BANEY DOUGLAS M

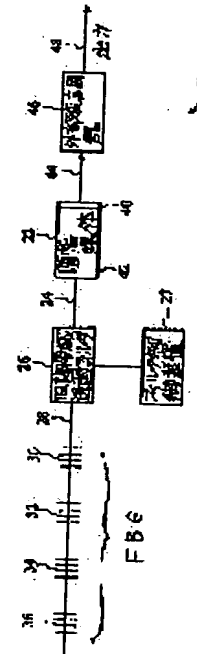
(30)Priority

Priority number : 98 6756 Priority date : 14.01.1998 Priority country : US

(54) METHOD FOR GENERATING LASER BEAM AND TUNING LASER DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wavelength selection laser device which can make wavelength adjustment over a practical wavelength range, and is provided with a fiber Bragg diffraction grating(FBG).
 SOLUTION: A wavelength selection laser device 20 incorporates an amplifying medium 22, a tuning band-pass filter 26, single-mode optical fibers 24, 28, and 44, and a series of FBGs 30-36. The amplifying medium 22 is the conventional amplifying medium, such as the semiconductor diode having a partially reflecting mirror 40 on one surface and a reflection preventing film on the other surface on the opposite side of the mirror 40. The laser beam emitted from the laser device 20 is outputted to an output optical fiber 44 from the partially reflecting mirror 40.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.12.2005
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]

•[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-251690

(43)公開日 平成11年(1999) 9月17日

(51)Int.Cl.⁸

H 0 1 S 3/18
3/1055

識別記号

6 4 0

F I

H 0 1 S 3/18
3/1055

6 4 0

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-373098

(22)出願日 平成10年(1998)12月28日

(31)優先権主張番号 0 0 6, 7 5 6

(32)優先日 1998年1月14日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 398038580

ヒューレット・パッカード・カンパニー
HEWLETT-PACKARD COM
PANY

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72)発明者 ウェイン・ブイ・ソリン

アメリカ合衆国カリフォルニア州 マウン
テン・ビューケンブリッジ・レーン3579

(72)発明者 ダグラス・エム・ペイニー

アメリカ合衆国カリフォルニア州 ロス・
アルトス クリントン・ロード897

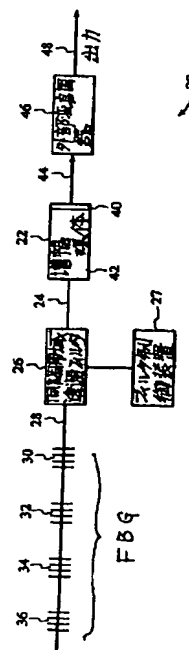
(74)代理人 弁理士 上野 英夫

(54)【発明の名称】 レーザ光の発生方法及び同調レーザ装置

(57)【要約】

【課題】実用的な波長範囲にわたり波長調整ができる、ファイバ・ブラッグ回折格子 (F B G) を備えた波長選択レーザ装置を提供する。

【解決手段】波長選択レーザ装置 (20) は、増幅媒体 (22)、同調帯域透過フィルタ (26)、シングル・モード光ファイバ (24)、(28) および (44)、一連のF B G (30) ~ (36) を含む。増幅媒体 (22) は、片面に部分反射ミラー (40) と反対側に反射防止被覆を有する半導体ダイオードなどの従来の増幅媒体である。生成したレーザ光は、部分反射ミラー (40) から出力光ファイバ44に出力される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】波長選択レーザ光源において所望の波長を生成する方法であって、

増幅媒体から広帯域光エネルギーを生成する工程と、前記広帯域光エネルギーを、光透過フィルタを使って、高い透過率の波長帯域と前記高い透過率の波長帯域よりも低い透過率の波長帯域を有する濾波された光エネルギーに濾波する工程と、

第1の目標波長帯域を有する光エネルギーを反射する第1の回折格子を用意する工程と、

第2の目標波長帯域を有する光エネルギーを反射する第2の回折格子を用意する工程と、

前記濾波された光エネルギーを、前記第1と第2の回折格子を含む導波路に送る工程と、

前記第1の回折格子を使って、前記濾波された光エネルギーの高い透過率の前記波長帯域の一部である前記第1の目標波長帯域を有する前記光エネルギーを前記増幅媒体に反射させる工程とを含み、それにより、前記第1の目標波長帯域でレーザ光を発生させるレーザ光の発生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に、光源に関し、より詳細には波長選択可能なレーザ装置即ち波長選択レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザは、広帯域光学エネルギーを生成し、多くの相異なる波長のレーザ光線を発することができ。たとえば、赤外線半導体レーザの増幅媒体は、約50ナノメートル(nm)の赤外線スペクトル範囲内で光エネルギーを放射することができる。波長分割多重応用など、利用できるスペクトルの範囲内で指定された単一波長のレーザ放射を必要とする応用では、レーザ波長を同調または同調する必要がある。

【0003】レーザの同調は、増幅媒体によって生成された広帯域光エネルギーを濾波して所望の波長帯域を分離し、分離した波長帯域をレーザ空洞に導くことによって達成することができる。所望の波長帯域をレーザ空洞に導くことにより、レーザ空洞内で光エネルギーが所望の波長で発振する。その結果、レーザ空洞内に帰還する光エネルギーの波長を制御することによって、レーザの同調を達成することができる。

【0004】波長選択レーザの2つの例が、米国特許第4,914,665号の明細書と、米国特許第4,955,028号の明細書に開示されている。図1を参照すると、波長選択レーザは、光ファイバ12を介して回折格子などの単一の外部反射器14に光エネルギーを送る。光ファイバ内の光エネルギーは、光ファイバの露出部分から独立した外部回折格子に当たり、増幅媒体に反射され、所望の波長帯域のレーザ光線が生成される。回

折格子が増幅媒体に反射する光エネルギーの波長帯域は、回折格子のリッジの間隔と向きによって決まる。前記2件の米国特許のいずれにおいても、回折格子のリッジの間隔と向きは、大きな金属フレームと同調ねじを含む機械式波長制御装置16によって手動で同調される。

【0005】波長選択レーザに外部回折格子を使用する代わりに、ファイバ・ブラッグ回折格子(FBG)を使って、光エネルギーの所望の波長帯域を反射させることができる。同調可能なファイバ・ブラッグ回折格子即ち同調FBGは、完全に光ファイバ内部に形成され熱的または機械的に調整される回折格子である。波長選択レーザにおいて、単一のFBGが、前記2件の米国特許のレーザに使用されている外部回折格子の代用となることは周知である。単一のFBGを使用する波長選択レーザの主な欠点は、FBGが、制限された波長範囲でしか調整できないことである。たとえば、代表的なFBGは、温度では約0.8nmの波長範囲でしか調整することができず、レーザの応用がこの波長範囲に制限される。

【0006】光通信システムにおいては、レーザは、しばしば光信号を伝えるための光エネルギー源として利用される。国際電気通信連合によって承認されている光チャネルの波長範囲は30nmにわたる。波長が0.8nmの波長範囲でしか調整することができない波長選択レーザは、多くの波長分割多重応用に適応するすることができない。

【0007】レーザ装置の光ファイバにFBGを追加すれば、レーザの波長調整範囲を広くすることができる。しかし、FBGを追加する欠点もあり、FBGがある波長帯域の光エネルギーを常に反射することである。レーザ装置の増幅媒体は広帯域光エネルギーを生成するため、追加された各FBGが、ある波長帯域の光エネルギーを増幅媒体に反射し、それにより干渉が発生し、レーザが単一波長の安定したレーザ光線を発するのを妨げてしまう。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】光通信などの波長分割多重応用における実用的な波長範囲にわたり波長調整ができ、同時にFBGによって実現される長所をも備えた波長選択レーザが必要とされる。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、まず、広帯域光放射を濾波し、少なくとも1つの高い透過率の波長帯域と少なくとも1つの低い透過率の波長帯域とを有する光エネルギーとし、次に、高い透過率の光エネルギーの所望の狭い波長帯域をレーザ空洞に選択的に反射させ、それにより、所望の狭い波長帯域のレーザ光が発するようになることによって、単一波長のレーザ光放射を広い波長範囲にわたって動的に調整できるようにする方法およびシステムである。この波長選択レーザ装置の原理は、増幅媒体と反射フィルタに光学的に結合された光透

過フィルタと、この光透過フィルタに光学的に結合された反射フィルタを含む。

【0010】この波長選択レーザ装置の好ましい実施形態において、増幅媒体は、レーザ光を生成するのに十分な広帯域の光エネルギーを生成する半導体ダイオードである。増幅媒体は、増幅媒体によって生成された広帯域光エネルギーを、高い透過率の単一の波長帯域を有する光エネルギーに変換することができる同調帯域透過フィルタに光学的に結合される。この帯域透過フィルタは、高い透過率の単一の波長帯域を調節することができるように同調可能である。同調帯域透過フィルタは、一連のF B Gに光学的に結合され、このF B Gは、増幅媒体によって生成された光エネルギーの広い帯域幅内の様々な狭い波長帯域で光エネルギーを反射する。それぞれのF B Gは、通常、国際電気通信連合（ITU）グリッドの所望のチャネルに対応する特定の波長で光エネルギーを反射するように固定される。

【0011】好ましいシステムによりレーザ光を選択した波長で放射するために、増幅媒体で生成された広帯域光エネルギーが、光ファイバを介して同調帯域透過フィルタに送られ、この帯域透過フィルタは、広帯域光エネルギーを高い透過率の単一の波長帯域を有する濾波光エネルギーに変換する。次に、この濾波された光エネルギーは、一連の同調F B Gを含む第2の光ファイバを介して送られる。高い透過率の波長帯域が、F B Gの1つによって反射される光エネルギーの波長帯域に対応しない場合は、光エネルギーは増幅媒体に反射されない。選択された波長帯域の光エネルギーを反射させるために、高い透過率の波長帯域がF B Gが反射する波長帯域に対応するように帯域透過フィルタが同調される。反射された光エネルギーは、帯域透過フィルタを介して増幅媒体内に伝わり、光エネルギーが部分反射ミラーに入射する。部分反射ミラーと反射するF B Gの間で、増幅媒体から入力される光エネルギーに大きく影響する選択された光エネルギー波長のレーザ空洞が作り出され、その結果、結合された光空洞が、選択された波長のレーザ発振をおこなう。選択された波長のレーザ光は、部分反射ミラーを介してレーザ空洞から放射され、レーザ光を光通信などの波長分割多重応用に利用することができる。

【0012】波長選択レーザ装置は、選択された波長で光エネルギーを反射するF B Gに対応する光エネルギーを透過するように帯域透過フィルタを同調することによって、様々な波長でレーザ光を放射するように調整することができる。このレーザ装置が光通信システムに使用されるとき、帯域透過フィルタは、F B Gの反射波長に対応する波長範囲にわたって同調可能であり、F B Gの反射波長は、国際電気通信連合（ITU）グリッドのチャネルに固定される。F B Gの反射波長に帯域透過フィルタを同調することによって、ITU規定の信号を迅速かつ確実に生成することができる。

【0013】代替実施形態において、帯域阻止フィルタなどの他の種類の光透過フィルタを、帯域透過フィルタ・システムと類似のシステムで使用することができる。もう1つの代替実施形態では、固定周期透過フィルタと同調反射回折格子を使って、同様の結果を達成することができる。

【0014】本発明の代替構成において、波長選択レーザは、リング・キャビティ構成でもよい。リング・キャビティ・レーザは、増幅媒体の出力と入力の方々に結合された光ファイバ・ループを有する。2つのポートが光ファイバ・ループに結合され1つのポートが周期フィルタと一連の同調F B Gに光学的に接続された3ポート・サーキュレータと光ファイバ・ループが交差する。増幅媒体は、光ファイバを介してサーキュレータに送られる広帯域光エネルギーを生成し、この広帯域光エネルギーが光透過フィルタに入射する。周期フィルタ・システムを使用するとき、周期フィルタが広帯域光エネルギーを周期的な光エネルギーに変換し、周期的光エネルギーを一連のF B Gに送る。F B Gの1つを選択した透過ピークに同調させると、所望の波長の光エネルギーが、サーキュレータを介して光ファイバ・ループに反射され、その結果リング・キャビティ内の光エネルギーが選択された波長でレーザ発振をおこなう。

【0015】

【発明の効果】本発明の利点は、光エネルギーをレーザ空洞に反射させるためにF B Gを1つだけ使用する場合よりも広い範囲の波長にわたってレーザを正確かつ確実に同調できることである。さらに、広帯域の光エネルギーの周期的濾波によって、レーザを、一連のF B Gのうちのどれかにより最小の干渉で同調することができる。さらに、本発明は、レーザをITUグリッドの標準チャネルに対して容易に同調することができ、波長分割多重応用に使用することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】図2を参照すると、波長選択レーザ装置20の好ましい実施形態は、増幅媒体22、同調帯域透過フィルタ26、シングル・モード光ファイバ24、28および44、一連のF B G30、32、34および36を含む。増幅媒体22は、片面に部分反射ミラー40と反対側に反射防止被覆を有する半導体ダイオードなどの従来の増幅媒体である。他の許容可能な増幅媒体は、エルビウムをドープした光ファイバなどの増幅ファイバを含むが、本発明にとって増幅媒体の種類は重要ではない。

【0017】レーザ光は、生成された後、部分反射ミラー40から、このミラーの反射率に従って出力される。たとえば、好ましい実施形態において、該ミラーは、ミラーに当たる光エネルギーの30%を反射し、70%を出力光ファイバ44に透過させる。好まし実施形態では30%の反射率が望ましいが、ミラーの反射率は変える

ことができる。

【0018】端部に反射防止被覆を有するシングル・モード光ファイバ24は、増幅媒体22に面42において結合される。増幅媒体の面42の反射防止被覆と、これと対向する光ファイバ24の端部は、レーザ空洞内で望ましくない内部反射が起こる可能性を低くし、それにより効率的な光結合を容易にする。反射防止被覆の代わりに、端面を傾斜させることにより、望ましくない反射を減少させることができる。

【0019】光ファイバ24の反対側は、無反射入力と無反射出力を有する同調帯域透過フィルタ26に結合される。そのようなフィルタの例は、角度同調誘電体フィルタ・スタックや超音波光同調式フィルタである。同調帯域透過フィルタには、帯域透過フィルタの同調を可能にするフィルタ制御装置27が接続される。同調帯域透過フィルタの目的は、増幅媒体22によって生成された広帯域の光エネルギーを、所望の波長を中心とする光学エネルギー変換することである。図4を参照すると、濾波された広帯域光エネルギーは、帯域透過フィルタを透過する波長帯域54を有する。フィルタを透過しない光エネルギーは、この装置から失われる。フィルタ制御装置27を使って同調帯域透過フィルタを同調し、ある波長範囲にわたる波長帯域を透過させることができる。たとえば、点線の波長帯域52を、波長帯域54の代わりに透過させることができる別の波長帯域に対する同調をおこなった場合を示す。

【0020】図2を再び参照すると、第2の光ファイバ28が、同調帯域透過フィルタ26の出力に結合される。第2の光ファイバは28は、ファイバ内部に形成された一連の4つのFBG30、32、34および36からなる反射フィルタを有し、一連のFBGのそれぞれは、ITUグリッドの4つのチャンネルの1つに対応する相異なる波長帯域を反射するように固定される。図5は、4つの固定FBG30、32、34および36のそれぞれが対応する反射率72、74、76および78の4つの固定波長帯域を示す図である。4つのFBGを示したが、反射フィルタには任意数の回折格子を使用することができる。

【0021】好ましい実施形態において、FBGは、モードの結合による損失を減少させるために、光ファイバ28に沿って波長の順に並べられる。最短の波長の光エネルギーを反射するFBGは、光ファイバの同調帯域透過フィルタの最も近くに配置される。次に短い波長の光エネルギーを反射するFBGは、同調帯域透過フィルタに次に近い位置に配置され、その他も同様に配置され、それにより、最も波長の長い光エネルギーを反射するFBGが、光ファイバの同調帯域透過フィルタから最も遠い位置にある。図2において、FBG30は、最も短い波長のエネルギーを反射し、FBG32は、それよりも長い波長の光エネルギーを反射し、FBG34は、

FBG30と32よりも長い波長の光エネルギーを反射し、FBG36は、最も長い波長の光エネルギーを反射する。

【0022】波長選択レーザ装置20を使用して光データを送信するためには、図2に示したように、出力ファイバ48を有する外部変調器46を、増幅媒体22の部分反射ミラー40を有する表面に接続することができる。外部変調器46は、データで光キャリアとして働く単一波長レーザ光を変調するために必要である。この変調器は、増幅媒体との干渉を防ぐためにアイソレータを含む場合もある。好ましい実施形態における変調器は、増幅媒体の外部にあるが、この変調器は、増幅媒体と一体化することもできる。たとえば、増幅媒体がプレーナ・デバイス内にある場合は、変調器を同じ構造上に形成して、レーザ出力に光学的に結合し、レーザ光がレーザ・チップからの出力に基づいて光データで変調されるようにすることができる。もう1つの代替は、増幅媒体の増幅率を変調することにより、輝度変調を行うことができる。

【0023】図2、3および6を参照して、好ましい波長選択レーザの作用について説明する。増幅媒体22が広帯域の光エネルギーを生成する（ステップ140）。ある波長範囲にわたる特徴的なベル形利得曲線を有する広帯域光エネルギーは、取り付けられた光ファイバ24を介して同調帯域透過フィルタ26に送られる。帯域透過フィルタ26において、広帯域光エネルギーは、透過帯域を有する光エネルギーに濾波される（ステップ142）。図6は、4つの固定FBGの反射率72〜78の波長帯域に重ねられた透過帯域52および54の2つの位置を示し、二つのFBGがステップ144とステップ146とを実行して設定される。濾波された波長帯域の光エネルギーの初期の位置は、点線の波長帯域52で示される。初期の位置では、帯域透過フィルタ26を透過する波長帯域の光エネルギーは、FBGによって反射される4つの波長帯域の光エネルギーのいずれにも対応しない。したがって、初期の位置において、FBGを含む光ファイバに送られる（ステップ148）光エネルギーは増幅媒体に反射されない。

【0024】単一の選択波長でレーザ発振させるために、フィルタ制御装置27は、帯域透過フィルタから出力される波長帯域が4つのFBG30、32、34および36の一つに対応するように帯域透過フィルタを同調する。帯域透過フィルタを同調することにより、FBG34の反射波長帯域72に対応するように波長帯域54をずらす。次に、FBG34は、一定の割合の透過光エネルギーを、帯域透過フィルタを介して増幅媒体22に反射する（ステップ150）。次に、選択された波長の反射光エネルギーは、増幅媒体の部分反射ミラーに当たって一部がFBG34に反射され、レーザ空洞が作り出される。次に、レーザ光の一部が、増幅媒体の部分反射

ミラーを介して光ファイバ44に放射される。選択された波長で放射されるレーザは、様々な応用に使用することができる。波長分割多重応用において、単一波長のレーザ光は、音声会話、コンピュータ・データ、画像などのデータを伝送するために変調される。このシステムの利点は、FBGの反射率の波長帯域を固定し、それにより安定し較正された波長帯域の光エネルギーを反射できることである。

【0025】本発明の代替実施形態において、増幅媒体から放射される広帯域光エネルギーを濾波するために使用される光透過フィルタの種類を変更することができる。1つの例において、図7を参照すると、1つの同調帯域阻止フィルタや一連の帯域阻止フィルタ31を使って、増幅媒体から放射される広帯域光エネルギーを濾波することができる。図7は、図2の装置と類似の構成を有し、したがって類似の構成要素には同じ参照番号が使用される。帯域阻止フィルタ31は、接続されたフィルタ制御装置33によって同調される。帯域阻止フィルタは、広い帯域幅の光エネルギーを透過させ、狭い帯域幅の光エネルギーを透過するのを阻止するフィルタである。図8を参照すると、一連の4つの帯域阻止フィルタは、ある波長範囲にわたる比較的高い透過率の透過帯域154、156、158および160と、4つの比較的低い透過率の「阻止帯域」162、164、166および168を有する光エネルギー透過曲線を生成する。低い透過率の阻止帯域は、実線の阻止帯域162から点線の阻止帯域163へ可能な波長帯域での遷移によって表されるように変化させることができる。

【0026】図9は、FBG30、32、34および36によってそれぞれ反射された光エネルギー172、174、176および178の波長帯域を表すという点で図5と同じである。この実施形態において、反射率の波長帯域は調整することができない。しかしながら、同調FBGを利用する実施形態も可能である。

【0027】図7のシステムの動作について、帯域阻止フィルタの光エネルギーの透過を4つのFBG30、32、34および36の反射率172～178の波長帯域と重ねて2つの状態で示す図10を参照して説明する。帯域阻止フィルタによって出力される光エネルギーの初期の分布は、点線の阻止帯域163と実線の阻止帯域164、166および168によって表される。初期の位置において、FBGが反射する光エネルギーの波長帯域で、最小の光エネルギーがFBGに送られる。したがって、増幅媒体22に光エネルギーは反射されない。

【0028】図10を参照すると、所望の波長のレーザ光を発するために、帯域阻止フィルタが、点線の阻止帯域163から実線の阻止帯域162の位置に同調される。光エネルギーとFBGの間の相互作用により、FBGの反射率の波長帯域の光エネルギーが増幅媒体に反射され、増幅媒体が所望の波長のレーザ光を発することが

できる。

【0029】本発明のもう1つの実施形態において、光透過フィルタとして周期フィルタが使用される。図11は、周期透過フィルタを使用する装置を示し、この場合も類似の構成要素には図2と同じ番号を付ける。周期透過フィルタ26は、テーパ付きのファイバ・フィルタやマッハ・ツェンダー・フィルタなどの従来の周期フィルタである。周期フィルタの目的は、増幅媒体22によって生成される広帯域光エネルギーを、波長と共に周期的に変化する強度を有する光エネルギーに変換することである。図12を参照すると、濾波された広帯域光エネルギーは、一連の4つの周期的透過ピーク254、256、258および260と、4つの周期的透過ヌル262、264、266および268を有する周期的な光エネルギー分布252を有する。好ましい実施形態において、自由スペクトル・レンジ(FSR)、すなわち透過ピーク間の光学的距離は、約100GHz(0.8nm)である。さらに、好ましい実施形態において、透過ピークは、ITUによって指定されたチャンネルの波長帯域に対応する。ITUグリッドによる広帯域光エネルギーの濾波によって、光通信システムに十分に適したレーザが提供される。この図では4つのチャンネルの波長帯域を示すが、任意の数のチャンネルを含むことができる。

【0030】図11を再び参照すると、第2の光ファイバ28が、周期フィルタ35の出力に結合される。第2の光ファイバは、ファイバ内部に形成された一連の4つの同調FBG30、32、34および36を有し、一連のFBGはそれぞれ、ITUグリッドの4つのチャンネルのうちの1つに対応する相異なる波長帯域の光エネルギーを反射する。それぞれのFBGは、常態と同調された状態を有し、FBG制御装置38によって制御される。FBG制御装置は、従来の制御装置であり、本発明にとって重要ではない。常態または「待機した」状態において、FBGは、透過ピークに機械的にも熱的にも同調されず、FBGは、周期フィルタを介して最小の光エネルギーを送る波長帯域で光エネルギーを反射する。図13は、4つの待機したFBG30、32、34および36に対応する4つの待機した波長帯域の反射率272、274、276および278を示す。機械的または熱的あるいはその両方の作用でFBGが同調されると、FBGで反射される光エネルギーの波長帯域が変化する。当技術分野で周知のように、熱的な同調は、80℃の範囲にわたって温度が1℃変化することにFBGの反射率の帯域幅が0.01nm変化し、約0.8nmの同調範囲が得られる。

【0031】図13の点線の波長帯域280は、第1のFBG30が同調した位置にあり他の3つのFBGは、同じ待機位置274、276および278に止まっている場合の、反射波長帯域を表す。好ましい実施形態におけるFBGは、チャンネル間隔の2分の1(0.4nm)

にわたって同調しなければならないだけでなく、0.8 nmの同調範囲を有し、これは、図12において透過率262から隣の透過ピーク254までの波長範囲に相当する。4つのFBGを示したが、任意の数のFBGを使用することができ、FBGの数は、レーザ装置が放射可能なチャンネルの数に直接対応することが好ましい。

【0032】最小の光エネルギーは透過率において透過されるため、4つのFBG30、32、34および36は、通常、周期的光エネルギーの透過率において待機される。理想的には、FBGには反射すべき光エネルギーがなく、したがってレーザ空洞内には干渉が起きない。しかしながら、FBGは個々に同調することができ、その反射波長帯域は、隣の透過ピークまで変化する。透過ピークでは大きな光エネルギーを受けるため、FBGは、同調されたFBGの反射帯域幅の範囲内にある光エネルギーを反射する。

【0033】図11と14とを参照して、波長選択レーザの動作について説明する。広帯域光エネルギーが、増幅媒体22によって生成される。広帯域光エネルギーは、ある波長範囲にわたる特徴的なベル形の利得曲線を有し、結合された光ファイバ24を介して周期フィルタ35内に伝播する。周期フィルタにおいて、透過ピークと透過率を交互に有する周期的光エネルギーに濾波される。図14は、4つの待機したFBGの反射率の波長帯域280、274、276および278に重なる4つの透過ピーク254、256、258および260と透過率262、264、266および268を有する周期的光エネルギー290の透過を示す。点線の波長帯域は、FBGの初期の待機位置を表し、実線の波長帯域272は、同じFBGの同調位置を表す。透過ピークは、光通信システムの光エネルギーに対応し、透過率は、光エネルギー透過におけるギャップを実現し、レーザ空洞への望ましくない帰還を発生させずにFBGを待機させることができる。4つのFBG30、32、34および36は、最初、周期的光エネルギーのそれぞれの透過率262、264、266および268において待機され、したがって、最小の光エネルギーが増幅媒体に反射される。

【0034】単一の選択された波長でレーザ光線を発するために、周期フィルタ35から出力される周期的光エネルギーの出力は、4つのFBG30、32、34および36を含む光ファイバ28に送られ、選択されたレーザ波長に対応するFBGが同調される。FBGを同調することにより、実線の波長帯域272によって表した反射波長帯域がずれ、FBGは、透過ピーク254において周期フィルタを通して増幅媒体22に所定の割合の光エネルギーを反射する。次に、選択された波長の反射光エネルギーは、部分反射ミラー40に当たり、同調FBGに部分反射されてレーザ空洞が作り出される。

【0035】レーザ装置の代替実施形態において、光透

過フィルタは、帯域透過フィルタでも帯域阻止フィルタでも周期フィルタでも、増幅媒体と一体化することができる。たとえば、増幅媒体が平坦基板上に形成されているときはマッハ・ゼンダー・フィルタなど光透過フィルタを、同一の平坦基板上に形成し、増幅媒体によって生成される光エネルギーに光学的に結合することができる。一体化された増幅媒体/周期フィルタは、光エネルギーに形成された一連のブラッグ回折格子に直接周期的光エネルギーを出力する。周期フィルタを増幅媒体と一体化することにより、周期フィルタと光ファイバの間の結合点をなくすことによって、周期フィルタからの反射減衰量を減らすことができる。

【0036】好ましい実施形態は、リニア・キャビティ・レーザについて説明しているが、レーザ空洞の他の構成を利用することもできる。図15は、本発明によるリング・キャビティ・レーザ100の例である。リング・キャビティ・レーザは、増幅媒体104の出力ポートと、3ポート・サーキュレータ106の入力ポートとに結合された第1の光ファイバ102を備える。また、第1の光ファイバ102は、増幅媒体とサーキュレータの間でカブラ109によってレーザ出力ファイバ108に結合される。サーキュレータの出力ポートは、増幅媒体の入力に結合された第2の光ファイバ110に結合され、光ファイバ・ループが作成される。サーキュレータの第3のポートは、フィルタ・ポートである。フィルタ・ポートに結合された光ファイバ112は、サーキュレータを、光透過フィルタ114と一連の同調FBG118を含む光ファイバ116に接続する。

【0037】リング・キャビティ・レーザ100の動作は、リニア・キャビティ・レーザの動作と類似している。増幅媒体104は、光ループの第1の光ファイバ102に出力されサーキュレータ106に送られる広帯域光エネルギーを生成する。サーキュレータは、広帯域光エネルギーを、所望の波長帯域の光エネルギーをサーキュレータに反射するために前述のように協働する光透過フィルタとFBGとに送る。次に、サーキュレータに反射された所望の波長帯域の光エネルギーは、サーキュレータによって第2の光ファイバ110に導かれ増幅媒体に送られ、それにより、リング・キャビティ内に完全な透過ループが作り出される。リング・キャビティ内に所望の波長帯域の光エネルギーを挿入することにより、リング・キャビティ内の光エネルギーは、所望の波長のレーザを発する強さに達する。次に、所望の波長を有するレーザ光を、出力ファイバから出力させ、光通信などの応用に利用することができる。

【0038】図16は、増幅媒体の典型的な利得曲線120を表わす。光エネルギーの分布は、約30 nmの波長範囲を有し、利得は一般に均一に分布しない。前述のように、異なる範囲の波長帯域を反射するために、異なるFBGが形成される。レーザ空洞で励起を行うため

に、波長に関係なく増幅媒体に一定の強さの光エネルギーを反射させることが望ましい。それぞれのFBGが同等の反射出力を有する場合、FBGは、利得曲線120の低エネルギーの端124と126において、利得曲線のピーク128におけるFBGよりも少ない光エネルギーしか反射しない。レーザ空洞に一定の量の光エネルギーを送り込むために、FBGの反射能力は、利得曲線の変化を保証するように設定される。すなわち、FBGの反射能力は、図16の矢印で示したように、利得曲線の低エネルギーの端のほうが高く、利得曲線のピークで低くなる。利得と反射能力とを逆関係に設定することによって、均衡した光エネルギーの反射を達成することができる。すなわち、レーザ光の強度が波長に依存しなくなり、それによりそれぞれのレーザ光波長において同じポンプ・レベルを使用できるようになる。

【0039】以下に本発明の広範な実施に役立つ本発明の実施態様の一部を例示する。

(実施態様1) 波長選択レーザ光源において所望の波長を生成する方法であって、増幅媒体(22)から広帯域光エネルギーを生成する工程(140)と、前記広帯域光エネルギーを、光透過フィルタ(26)を使って、高い透過率の波長帯域と前記高い透過率の波長帯域よりも低い透過率の波長帯域を有する濾波された光エネルギーに濾波する工程(142)と、第1の目標波長帯域を有する光エネルギーを反射する第1の回折格子(30)を用意する工程(144)と、第2の目標波長帯域を有する光エネルギーを反射する第2の回折格子(32)を用意する工程(146)と、前記濾波された光エネルギーを、前記第1と第2の回折格子を含む導波路(28)に送る工程(148)と、前記第1の回折格子を使って、前記濾波された光エネルギーの高い透過率の前記波長帯域の一部である前記第1の目標波長帯域を有する前記光エネルギーを前記増幅媒体に反射させる工程(150)とを含み、それにより、前記第1の目標波長帯域でレーザ光を発生させるレーザ光の発生方法。

【0040】(実施態様2) 前記反射させる工程(150)は、高い透過率の前記波長帯域を有する前記光エネルギーが前記回折格子によって反射される前記第1の目標波長帯域の光エネルギーに対応するように前記光透過フィルタ(26)を同調する工程を含むことを特徴とする実施態様1に記載のレーザ光の発生方法。

(実施態様3) 前記光透過フィルタ(26)を同調する前記ステップが、光通信システムにおける光チャネルに対応する高い透過率の波長帯域を有する光エネルギーを出力する工程を含むことを特徴とする実施態様2に記載のレーザ光の発生方法。

【0041】(実施態様4) 濾波する工程(142)が、前記広帯域光エネルギーを、交番する高い透過率の波長帯域と低い透過率の波長帯域を有する光エネルギーに濾波する工程を含み、第1の回折格子(30)を用意

する工程(144)が、前記濾波された光エネルギーの低い透過率の第1の波長帯域に対応する第1の波長帯域を有する光エネルギーを、通常状態で反射する第1の同調回折格子を用意する工程を含み、前記第1の同調可能な回折格子が、低い透過率の前記第1の波長帯域の隣の高い透過率の第1の波長帯域に対応する前記第1の目標波長を有する光エネルギーを反射するように同調可能であり、第2の回折格子(32)を用意する工程(146)が、前記濾波された光エネルギーの低い透過率の第2の波長帯域に対応する第2の波長帯域を有する光エネルギーを、通常状態で反射する第2の同調回折格子を用意する工程を含み、前記第2の同調可能な回折格子が、低い透過率の前記第2の波長帯域の隣の高い透過率の第2の波長帯域を有する濾波された光エネルギーに対応する第2の目標波長を有する光エネルギーを反射するように同調可能であり、反射させる工程(15)が、前記第1の目標波長帯域を有する前記光エネルギーを、前記増幅媒体(22)に反射するように前記第1の同調可能な回折格子(30)を同調し、それにより前記第1の目標波長帯域のレーザ光を生成する工程を含むことを特徴とする実施態様1に記載のレーザ光の発生方法。

【0042】(実施態様5) 最も短い波長帯域を有する光エネルギーを反射する回折格子が、前記光透過フィルタ(26)の最も近くなるように前記第1と第2の回折格子(30、32)を順番に並べる工程をさらに含み、前記広帯域光エネルギーを濾波する工程(142)が、前記高い透過率の前記波長帯域が、光通信システムにおける光チャネルに対応する光エネルギーを出力する工程であることを特徴とする実施態様1に記載のレーザ光の発生方法。

【0043】(実施態様6) 部分的に透過する反射板(40)が関連付けられ、広帯域光エネルギーを生成する増幅媒体(22)と、前記増幅媒体に光学的に結合された入力と、高い透過率の波長帯域と低い透過率の波長帯域を有する光エネルギーを用意するために前記広帯域光エネルギーに応答する出力を有する光透過フィルタ(26)と、前記光透過フィルタの前記出力に光学的に結合された光導波路(28)であって、前記光導波路が、前記光導波路に沿って形成された複数の回折格子(30、32、34、36)を有し、前記複数の回折格子がそれぞれ光エネルギーの固有の波長帯域を反射する光導波路(28)と、前記光透過フィルタと前記複数の回折格子のうちの1つに光学的に結合されたチューナ(27)とを含み、前記光透過フィルタと前記複数の回折格子のうちの1つを、前記複数の回折格子のうちの1つによって所望の波長の光エネルギーが前記部分透過反射板に反射されるように同調して、前記増幅媒体が前記所望の波長でレーザ光線を発するようにし、前記所望の波長の前記光エネルギーは、高い透過率の前記波長帯域を有する前記光エネルギーに含まれることを特徴とする

同調レーザ装置。

【0044】（実施態様7）前記光透過フィルタが、同調帯域透過フィルタ（26）を含み、前記チューナ（27）が前記同調帯域透過フィルタに接続され、透過させる波長帯域が前記複数の回折格子（30、32、34、36）によって反射される前記固有の波長帯域のうちの1つに対応するように透過させる光エネルギーの波長帯域を制御することを特徴とする実施態様6に記載の同調レーザ装置。

（実施態様8）前記複数の回折格子（30、32、34、36）が、前記同調帯域透過フィルタ（26）からの距離に応じて前記光導波路に沿って順番に並べられ、それにより、任意の2つの回折格子の近い方が、より短い波長を有する光エネルギーを反射するようにされ、前記複数の回折格子が、光通信システムにおけるチャネルに対応する波長帯域幅を有する光エネルギーを反射するように固定されることを特徴とする実施態様7に記載の同調レーザ装置。

【0045】（実施態様9）前記光透過フィルタが、前記広帯域光エネルギーの波長帯域の透過をそれぞれ遮る複数の同調帯域阻止フィルタ（31）を含み、前記複数の回折格子（30、32、34、36）は、前記同調帯域阻止フィルタによって遮られた前記広帯域光エネルギーの前記波長帯域に対応する固有の波長帯域の光エネルギー反射率を有し、前記複数の同調帯域阻止フィルタが、前記所望の波長で前記広帯域光エネルギーを遮らない同調位置を有することを特徴とする実施態様6に記載の同調レーザ装置。

（実施態様10）前記光フィルタが、交番する透過ピークと透過ヌルを有する周期的な光エネルギーを提供する周期フィルタ（35）を含み、前記複数の回折格子（30、32、34、36）が、前記透過ヌルで光エネルギーを反射する第1の状態と、透過ピークで光エネルギーを反射する第2の状態を有する同調ブラッグ回折格子を含むことを特徴とする実施態様6に記載の同調レーザ装置。

【図面の簡単な説明】

【図1】反射板を1つだけ備えた従来技術の波長同調レーザの構成図である。

【図2】本発明による同調帯域透過フィルタを利用した波長選択リニア・キャビティ・レーザの概略図である。＊

＊【図3】本発明による波長選択レーザを同調するステップの工程を示すフロー図である。

【図4】図2の帯域透過フィルタから生成された単一波長帯域の濾波された光エネルギーを説明するための図である。

【図5】図2に示した4つのFBGに対応する波長帯域の反射率を示す図である。

【図6】図4の光エネルギーの単一波長帯域と図5の反射率の波長帯域を組み合わせた図である。

【図7】本発明による帯域阻止フィルタを利用する波長選択リニア・キャビティ・レーザの概略図である。

【図8】図7の帯域阻止フィルタから生成された比較的高い透過率の透過波長帯域と低い透過率の波長阻止帯域とを有する濾波された光エネルギーを説明するための図である。

【図9】図7に示した4つのFBGに対応する波長帯域の反射率を示す図である。

【図10】図8の帯域阻止フィルタ光エネルギーと図9の波長帯域の反射率を組み合わせた図である。

【図11】本発明による周期フィルタを利用する波長選択リニア・キャビティ・レーザの概略図である。

【図12】周期的な光エネルギーを、図11の周期フィルタから生成された波長の関数として示す図である。

【図13】図11に示した4つのFBGに対応する波長帯域の反射率を示す図である。

【図14】図12の周期的光エネルギーと図13の反射率の波長帯域を組み合わせた図である。

【図15】本発明の第2の実施形態による波長選択リング・キャビティ・レーザの概略図である。

【図16】代表的な利得曲線を一連のFBGの反射強度と比較した図である。

【符号の説明】

20 波長選択レーザ装置

22 増幅媒体

24、28、44 光ファイバ

26 同調帯域透過フィルタ

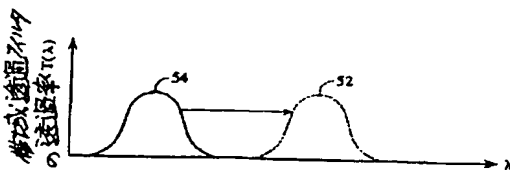
30、32、34、36 ファイバ・ブラッグ回折格子（FBG）

40 部分反射ミラー

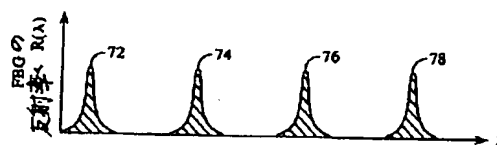
42 反射防止被覆

46 外部変調器

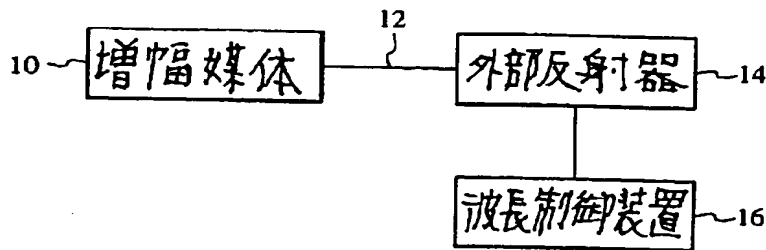
【図4】



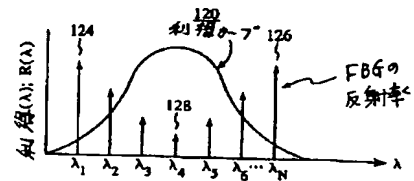
【図5】



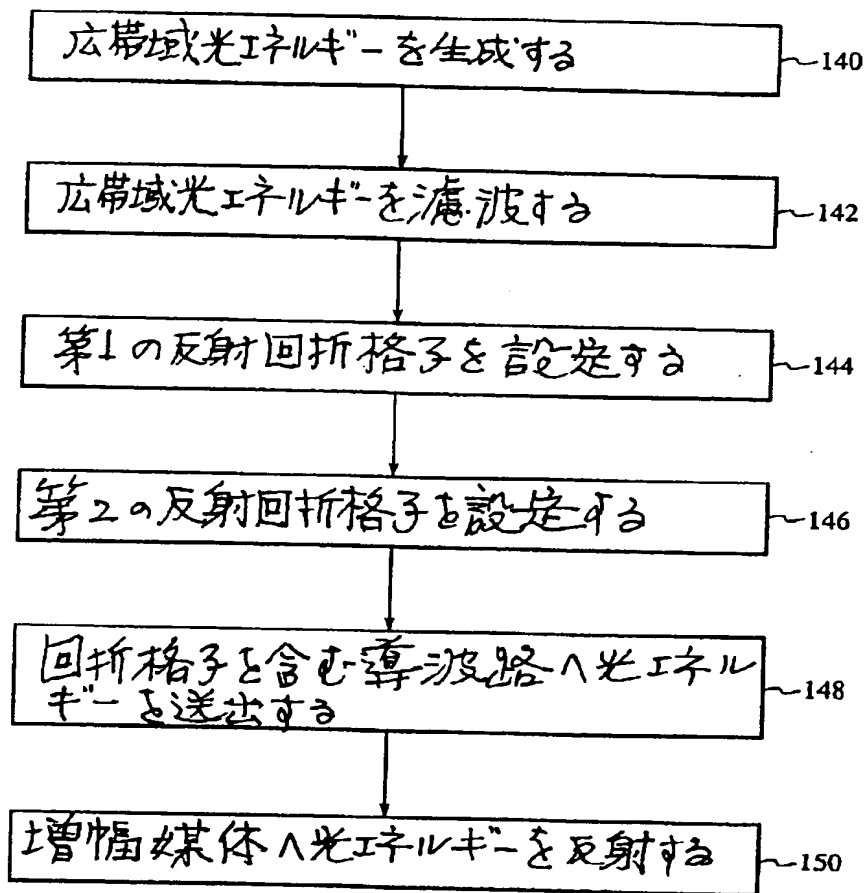
【図1】



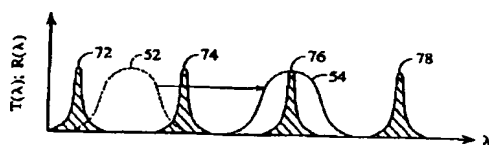
【図16】



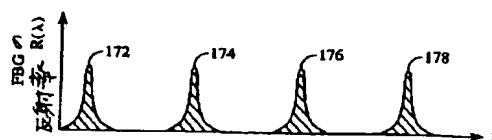
【図3】



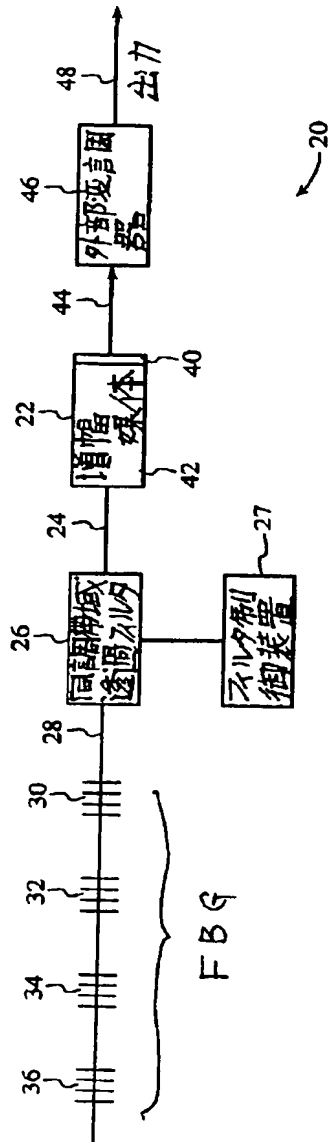
【図6】



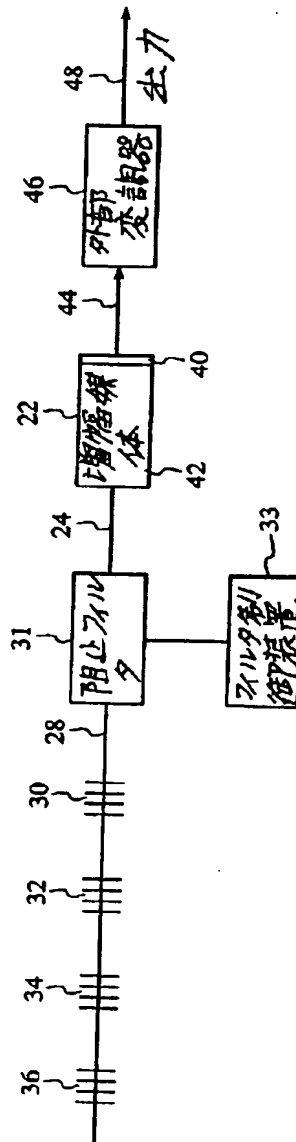
【図9】



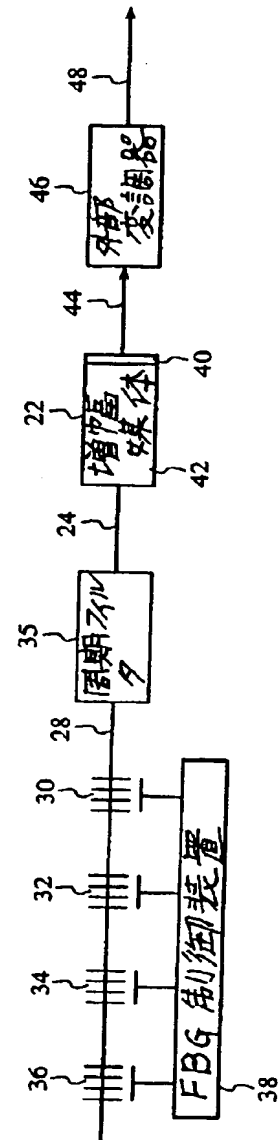
【図2】



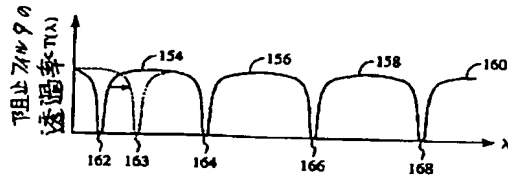
【図7】



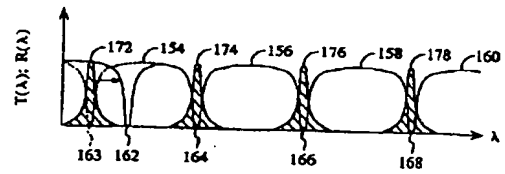
【図11】



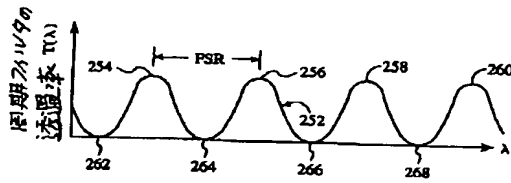
【図8】



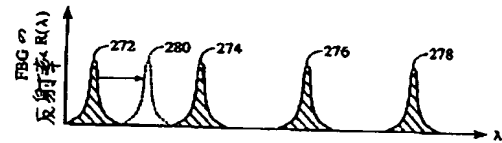
【図10】



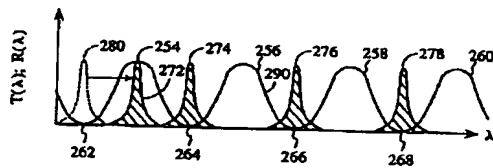
【図12】



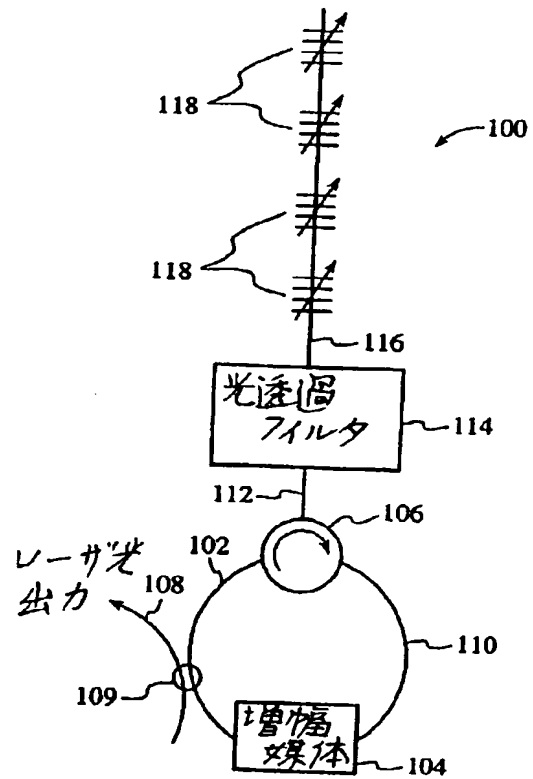
【図13】



【図14】



【図15】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
【部門区分】第7部門第2区分
【発行日】平成18年3月9日(2006.3.9)

【公開番号】特開平11-251690
【公開日】平成11年9月17日(1999.9.17)
【出願番号】特願平10-373098
【国際特許分類】

【手続補正書】

【提出日】平成17年12月15日(2005.12.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の名称】波長選択レーザー装置

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ある波長範囲にある光エネルギーを発生する光源と、
前記光源に光学的に結合され、前記光エネルギーを波長の関数として濾波する光透過フ
ィルタ手段と、
前記光透過フィルタ手段に光学的に結合され前記濾波された光エネルギーを受け取り、
前記波長範囲内にある波長帯域の前記光エネルギーを反射するための回折格子手段と、
前記光透過フィルタ手段と前記回折格子手段の一方を同調して前記濾波された光エネル
ギーが前記波長範囲内より選択された波長帯域において前記回折格子手段により反射され
るようにするための同調手段とを含み、
前記光源は、前記前記回折格子手段に光学的に結合し前記選択された波長帯域において
前記反射された光エネルギーを受けとり、レーザー光線を発するようにすることを特徴とす
る波長選択レーザー装置。

【請求項2】

前記光透過フィルタ手段は複数の帯域阻止フィルタを備え、各帯域阻止フィルタは光エ
ネルギーをある波長帯域で反射することを特徴とする請求項1に記載の波長選択レーザー装
置。

【請求項3】

前記回折格子手段は複数の回折格子を備え、各回折格子は光エネルギーをある固有の波
長帯域で反射することを特徴とする請求項2に記載の波長選択レーザー装置。

【請求項4】

前記帯域阻止フィルタのそれぞれは、前記反射される光エネルギーの前記ある波長帯域に関して調整されることを特徴とする請求項3に記載の波長選択レーザ装置。